

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>  
H01L 21/20

(11) 공개번호 특 1999-0063077  
(43) 공개일자 1999년 07월 26일

(21) 출원번호	10-1998-0055152
(22) 출원일자	1998년 12월 15일
(30) 우선권 주장	97-344804 1997년 12월 15일 일본(JP) 98-349026 1998년 12월 08일 일본(JP)
(71) 출원인	캐논 가부시끼가이샤 미따라이 하지메 일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고
(72) 발명자	스즈끼 노부마사
(74) 대리인	일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내 구영창, 장수길, 주성민

심사청구 : 있음

(54) 플라즈마 처리 방법 및 기판 처리 방법

요약

본 발명은, 배기 시간을 단축하여 전체 처리 속도를 향상시킬 수 있는, CVD, 에칭 또는 애싱 등의 플라즈마 처리를 실시하는 플라즈마 처리 방법을 제공하기 위한 것으로, 환기 가스로서, 플라즈마 처리 가스의 적어도 하나의 성분(O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CF<sub>4</sub> 등)을 함유하는 가스를 이용하는 단계; 배기에 의해 압력이 플라즈마 처리 압력 값에 이르렀을 때, 환기 가스를 배기하는 단계; 플라즈마 처리 가스를 도입하여 플라즈마 처리 압력을 유지하는 단계; 및 플라즈마 처리를 개시하는 단계를 포함한다.

대표도

도 1

영세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 플라즈마 처리 방법을 설명하기 위한 플로우차트.

도 2의 (a) 및 (b)는 본 발명의 플라즈마 처리 방법의 일 실시예에 따른, 압력을 유지하기 위해 처리 가스의 유량을 점차로 증가시키는 시스템의 일례를 설명하기 위한 모식적인 평면도 및 횡단면도.

도 3은 본 발명의 플라즈마 처리 방법의 일 실시예에 따른, 압력을 유지하기 위해 배기 시스템의 실행을 점차로 감소시키는 시스템의 일례를 설명하기 위한 모식적인 횡단면도.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치의 일례를 설명하기 위한 모식적인 횡단면도.

도 5는 본 발명의 플라즈마 처리 챔버의 내부 압력과 시간과의 관계를 나타낸 그래프.

도 6은 비교예의 플라즈마 처리 챔버의 내부 압력과 시간과의 관계를 나타낸 그래프.

도 7은 종래의 마이크로파 플라즈마 처리 장치를 설명하기 위한 모식적인 횡단면도.

도 8은 종래의 마이크로파 플라즈마 처리 장치의 플라즈마 발생 메커니즘을 설명하기 위한 모식적인 부분 횡단면도.

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

- 101, 201 : 플라즈마 처리 챔버
- 102, 202 : 유전체
- 103, 203 : 마이크로파 도입 수단
- 104, 204 : 마이크로파 도입부
- 105, 205 : 마이크로파 전파 공간
- 106, 206 : 슬롯
- 112, 212 : 피처리 기판

- 113, 213 : 지지 부재
- 114, 214 : 히터
- 115, 215 : 처리 가스 도입 수단
- 116, 216 : 배기 방향
- 117 : 처리 가스 유량 제어 수단
- 120 : 하부판
- 218 : 실행 제어 밸브
- 401 : 플라즈마 처리 챔버
- 420 : 개폐 수단
- 421 : 챔버

# 발명의 상세한 설명

## 발명의 목적

### 발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 기판 처리 방법, 특히 플라즈마 처리 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 제조 수율을 향상시키기 위해 처리 가스가 환기(ventilation)를 행하는데 이용되는, 화학 기상 증착(CVD), 에칭 또는 애싱(ashing) 등의 플라즈마 처리를 행하는 마이크로파 플라즈마 처리 방법에 관한 것이다.

종래, 플라즈마 처리 방법으로서 CVD, 에칭 및 애싱이 공지되어 있다.

플라즈마를 이용하는 애싱 또는 에칭 처리는, 마이크로파 등의 전기 에너지를 처리 챔버 내로 공급하면서 애싱 가스 또는 에칭 가스를 처리 챔버 내로 도입하고, 처리 챔버 내에 플라즈마를 발생시키도록 가스를 여기 및 분해하며, 처리 챔버 내에 놓인 피처리 기판의 표면을 애싱 또는 에칭하는 방법을 포함한다.

또한, 플라즈마 CVD는 마이크로파 등의 전기 에너지를 플라즈마 발생 챔버 또는 성막 챔버 내로 공급하면서 원료 가스를 플라즈마 발생 챔버 또는 성막 챔버 내로 도입하고, 플라즈마 발생 챔버 내에서 플라즈마를 발생하여 가스를 여기 및 분해시키며, 성막 챔버 내에 놓인 기판 상에 피착막을 형성하는 방법을 포함한다.

특히, 전기 에너지로서 플라즈마를 이용하는 플라즈마 처리 방법에서는, 마이크로파가 가스 여기 소스로서 이용되기 때문에, 고주파의 전계가 전자를 가속하는데 사용될 수 있어, 가스 분자를 효율적으로 이온화시키며 여기시킬 수 있다. 따라서, 마이크로파 플라즈마 처리 방법은 고 효율의 가스의 이온화, 여기 및 분해를 가지며, 비교적 용이하게 고 밀도의 플라즈마를 형성하며, 저온에서 고속으로 양질의 처리를 행할 수 있는 이점이 있다. 또한, 마이크로파가 유전체를 관통하기 때문에, 플라즈마 처리 장치는 고 순도의 플라즈마 처리를 행하도록 무전극 방전형으로서 구성될 수 있다.

전자 사이클로트론 공진(electron cyclotron resonance: ECR)을 이용하는 플라즈마 처리는 마이크로파 플라즈마 처리 방법의 속도를 더 증가시키기 위해 실용적으로 이용된다. ECR에서, 자속 밀도가 87.5 mT일 때, 자기력선 주위를 선화하는 전자의 전자 사이클로트론 주파수는 일반적인 마이크로파의 주파수, 2.45 GHz와 동일하므로, 공진에서와 같이 전자는 마이크로파를 흡수하여 고 밀도 플라즈마를 발생하도록 가속된다.

또한, 최근에는 내측에 복수개의 슬롯이 있는 환상 도파관(annular waveguide)을 이용하는 마이크로파 플라즈마 처리 장치가 균일하면서도 효율적으로 마이크로파를 도입하기 위한 장치로서 제안되어 있다 (일본 특허 공개 제3-293010호).

도 7은 상기 마이크로파 처리 장치를 나타내며, 도 8은 이 장치의 플라즈마 발생 메카니즘을 나타낸다. 참조 번호 1101은 플라즈마 발생 챔버를 나타내며, 1102는 대기로부터 플라즈마 발생 챔버(1101)를 분리하기 위한 유전체를 나타내고, 1103은 플라즈마 발생 챔버(1101) 내로 마이크로파를 도입하기 위한 슬롯형 앤드리스(slotted endless) 환상 도파관을 나타내며, 1105는 플라즈마 발생용 가스를 도입하기 위한 수단을 나타내고, 1111은 플라즈마 발생 챔버(1101)에 연결된 플라즈마 처리 챔버를 나타내며, 1112는 피처리 기판을 나타내고, 1113은 기판(1112)의 지지체를 나타내며, 1114는 기판(1112)을 가열하기 위한 히터를 나타내고, 1115는 처리 가스 도입 수단을 나타내며, 1116은 배기 방향을 나타내고, 1121은 좌우 방향으로 마이크로파를 분포시키기 위한 양 방향 분포 블록(two-way distribution block)을 나타내고, 1122는 슬롯을 나타내며, 1123은 환상 도파관(1103) 내로 도입되는 마이크로파를 나타내고, 1125는 슬롯(1122) 및 유전체(1102)를 통해 플라즈마 발생 챔버(1101) 내로 도입되는 마이크로파의 누설파(leakage wave)를 나타내며, 1126은 슬롯(1122) 및 유전체(1102)를 통해 전파하는 마이크로파의 표면파를 나타내고, 1127은 누설파에 의해 발생된 플라즈마를 나타내며, 1128은 표면파에 의해 발생된 플라즈마를 나타낸다.

플라즈마 발생 및 플라즈마 처리는 다음과 같이 행해진다. 플라즈마 발생 챔버(1101)와 처리 챔버(1111)는 처리 압력보다 3배 이상 높은 진공이 설정될 때까지 유용하게 배기 시스템(도시하지 않음)을 통해 배기된다. 다음에, 가스 도입 수단(1105)을 통해 플라즈마 발생 챔버(1101) 내로 플라즈마 발생용 가스가 선정된 유량으로 도입된다. 그 후, 배기 시스템(도시하지 않음) 내에 제공된 실행 밸브(conductance valve; 도시하지 않음)를 조정하여, 플라즈마 발생 챔버(1101)의 내측을 선정된 압력으로 유지한다. 환상 도파관(1103)을 통해 마이크로파 전력 공급 장치(도시하지 않음)로부터 플라즈마 발생 챔버(1101)로 필요한 전력 이 공급된다. 환상 도파관(1103) 내로 도입된 마이크로파(1123)는 분포 블록(1121)에 의해 2개의 측면

(lateral) 방향(도 8에서, 좌우 방향)으로 분포된 다음, 자유 공간에서보다도 긴 인라인(inline) 파장으로 전파된다. 인라인 파장의 1/2 또는 1/4 간격으로 설치된 슬롯(1122)으로부터 유전체(1102)를 통해 플라즈마 발생 챔버(1101) 내로 도입된 누설파(1125)는 슬롯(1122) 부근에 플라즈마(1127)를 발생한다. 또한, 편향 각도(polarization angle)로 입사되거나 유전체(1102)의 표면에 수직인 직선에 더욱 관계하는 마이크로파는 유전체(1102)의 제1 표면으로부터 모두 반사되어, 표면파(1126)로서 이 표면 위로 전파된다. 표면파(1126)로부터 나오는 전계는 플라즈마(1128)를 발생한다. 이 경우, 처리 가스가 처리 가스 도입 파이프(1115)를 통해 처리 챔버 내로 도입되었을 때, 발생된 고 밀도 플라즈마에 의해 여기되어, 지지체(1113) 상에 놓인 피처리 기판(1112)의 표면을 처리한다.

이러한 마이크로파 플라즈마 처리 장치는,  $\pm 3\%$ 의 균일도에서 300 mm 이상의 큰 직경을 갖는 공간에서, 전자 밀도가  $10^{12}/\text{cm}^3$ , 전자 온도가 3 eV 이하, 플라즈마 전위가 20 V 이하인 1 kW 이상의 마이크로파 전력 이 이용될 수 있다. 따라서, 이 장치를 이용함으로써, 활성 상태에서 기판에 공급되는 가스가 충분히 반응하여, 입사 이온에 의해 생긴 기판 표면의 대미지가 감소되어, 저온이더라도 양질의 고속 처리를 행할 수 있다.

그러나, 도 7 및 도 8에 나타난 바와 같이, 고 밀도 저 전위 플라즈마를 발생하는 마이크로파 플라즈마 처리 장치를 이용하는 경우, 고속으로 처리가 행해질 수 있더라도, 플라즈마 처리 이외의 동작, 예를 들면 기판의 이송, 가열, 또는 처리 챔버의 배기나 환기 동작에 대하여 장시간이 요구된다. 따라서, 특히 배기 시간을 감소시키는 것을 제외하고는 전체 처리 속도를 향상시킬 수 없다.

#### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 주된 목적은, 종래의 플라즈마 처리 방법의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 플라즈마 처리 이외의 동작에 대하여 요구되는 시간, 특히 배기 시간을 단축함으로써 전체 처리 속도를 향상시킬 수 있는 플라즈마 처리 방법을 제공함에 있다.

상기 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 플라즈마 처리 챔버 내로 환기 가스를 도입하고 상기 처리 챔버 내의 환기 가스를 배기시킨 후에 플라즈마 처리를 행하는 플라즈마 처리 방법에 있어서, 환기 가스로서, 플라즈마 처리 가스의 적어도 하나의 성분을 함유하는 가스를 상기 플라즈마 처리 챔버 내로 도입하는 단계; 플라즈마 처리 챔버 내에 피처리 기판을 배열하는 단계; 환기 가스를 배기하여, 플라즈마 처리 챔버의 내부 압력을 선정된 압력 범위로 설정하는 단계; 압력을 상기 범위로 유지하기 위해 플라즈마 처리 챔버 내로 플라즈마 처리 가스를 도입하는 단계; 및 플라즈마 처리 챔버에서 플라즈마 처리를 개시하는 단계를 포함하는 플라즈마 처리 방법을 제공한다.

본 발명은, 피처리 기판을 하우징하는 처리 챔버의 내측을 배기시키는 단계; 처리 챔버 내로 처리 가스를 도입하면서 기판을 처리하는 단계; 및 처리된 기판을 하우징하는 처리 챔버 내로 환기 가스를 도입하는 단계를 포함하며, 상기 기판을 처리하는 단계는 처리 챔버의 내부가 배기 단계에서 선정된 압력으로 배기된 다음에 이어서 행해지며, 처리 가스의 적어도 하나의 성분을 함유하는 가스는 환기 가스를 도입하는 단계에서 환기 가스로서 이용되는 기판 처리 방법을 제공한다.

본 발명에 따르면, 플라즈마 처리 가스의 적어도 하나의 성분을 함유하는 가스를 환기 가스로서 이용하여, 플라즈마 처리 챔버의 내부 압력이 환기 가스를 배기하는 단계 중에 플라즈마 처리 압력에 이르렀을 때 플라즈마 처리를 개시하도록 처리 가스 및 전기 에너지를 플라즈마 처리 챔버 내로 도입함으로써, 배기 시간이 단축되어 상기 목적이 달성될 수 있다.

#### 발명의 구성 및 작용

이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 설명한다.

##### (제1 실시예)

본 실시예에서 이용되는 플라즈마 처리 장치는, 예를 들면 플라즈마 처리 챔버, 플라즈마 처리 챔버 내에 설치된 피처리 기판을 지지하기 위한 수단, 플라즈마 처리 챔버의 내측을 배기하기 위한 수단, 플라즈마 처리 챔버 내로 처리 가스를 도입하기 위한 수단, 및 플라즈마 처리 장치 내로 전기 에너지를 도입하기 위한 수단으로 구성될 수 있다.

도 1은 본 발명의 플라즈마 처리 방법을 나타낸 플로우차트이다. 본 방법은, 주로 플라즈마 처리 챔버로부터 피처리 기판을 공급(feed-in) 및 배출(feed-out)하는 단계( $S_1$ ), 배기 단계( $S_2$ ), 처리 단계( $S_3$ ) 및 환기 단계( $S_4$ )를 포함한다. 특히, 본 발명의 대표적인 단계는, 기판 지지 부재 상에 피처리 기판을 설치하는 단계, 플라즈마 처리 챔버의 내측을 배기하는 단계, 플라즈마 처리 챔버 내로 처리 가스를 도입하여 플라즈마 처리 챔버 내부를 선정된 압력(플라즈마 처리 압력)으로 유지하는 단계; 플라즈마 처리 챔버 내로 전기 에너지를 도입하여 플라즈마를 발생하고 플라즈마 처리를 행하는 단계, 전기 에너지를 정지하는 단계, 배기를 정지하는 단계, 플라즈마 처리 챔버 내로 환기 가스를 도입하여 처리 챔버 내측을 대기 압력으로 복귀시키는 단계, 플라즈마 처리 챔버의 외측으로 기판을 공급하는 단계, 플라즈마 처리 챔버 내에 다른 피처리 기판을 설치하는 단계, 플라즈마 처리 압력에 이르렀을 때 환기 가스를 배기하는 단계, 플라즈마 처리 가스를 도입하여 압력을 유지하는 단계, 및 전기 에너지를 도입하여 플라즈마 처리를 새롭게 개시하는 단계를 포함한다.

본 실시예에 따른 플라즈마 처리 방법에서, 적절한 압력 유지 방법은, (1) 배기 시스템의 실행을 일정하게 하고 플라즈마 처리 가스의 유량을 점차로 증가시키는 방법, (2) 가스의 유량을 일정하게 하고 배기 시스템의 실행을 점차로 감소시키는 방법, 및 (3) 배기 시스템의 실행을 점차로 감소시키는 한편 가스의 유량을 점차로 증가시키는 방법을 포함한다.

도 2의 (a) 및 (b)는 본 발명의 플라즈마 처리 방법에서 처리 가스의 유량을 점차적으로 증가시키는 시스템을 사용하는 압력 유지 방법의 일례를 설명하는 개략도이다. 도 2의 (a)는 도 2의 (b)의 마이크로파

도입 수단(103)을 위에서 보았을때의 개략적인 평면도이다. 도 2의 (b)에 도시된 바와 같이, 도면 번호 101은 플라즈마 처리 챔버를 나타내고; 102는 대기로부터 플라즈마 처리 챔버(101)를 분리시키기 위한 유전체를 나타내며; 103은 플라즈마 발생 수단(101)내로 마이크로파를 도입하기 위한 마이크로파 도입 수단(판형 슬롯으로 구비된 엔드리스 환상 도파관); 104는 판형 슬롯 환상 도파관(103) 내로 마이크로파를 도입하기 위한 도입부를 나타내는 것으로, 상기 도입부는 양 방향 분포 불균형을 나타낸다; 105는 판형 슬롯 환상 도파관(103)에 공급되는 마이크로파를 전파시키기 위한 마이크로파 전파 공간을 나타내고; 106은 마이크로파가 판형 슬롯 환상 도파관(103)으로부터 플라즈마 처리 챔버(101) 내로 도입되는 슬롯을 나타내며; 112는 피처리 기판을 나타내고; 103은 기판(112)을 지지하는 부재를 나타내며; 114는 기판(112)을 가열하기 위한 히터를 나타내며; 115는 처리 가스 도입 수단을 나타내며; 116은 배기(화살표는 배기 방향을 나타냄)를 나타내며; 117은 처리 가스 유량 제어 수단을 나타낸다. 처리 가스 도입 수단(115)은 플라즈마 처리 챔버(101) 내의 상부에 구비되고, 환기 가스 및 처리 가스가 피처리 기판(112)의 표면에 플래시(flesh) 상태로 제공될 수 있다.

플라즈마 발생 및 플라즈마 처리는 다음과 같이 수행된다. 제1 기판이 처리된 다음, 처리 가스의 적어도 하나의 성분을 함유하는 가스가 처리 가스 도입 수단(115)을 통하여 플라즈마 처리 챔버(101) 내로 도입되어 챔버의 내부 압력이 대기압에 도달할 때까지 환기를 실시한다. 챔버의 본체로부터 하부판(120)을 떼어낸 다음, 처리된 기판(112)을 전송 시스템(도시하지 않음)을 사용하여 기판 지지 수단(113)으로부터 플라즈마 처리 챔버(101) 외측으로 배출된다. 제2 피처리 기판(112)은 전송 시스템을 사용하여 기판 지지 부재(113) 상에 전송되며, 기판(112)은 히터(114)를 사용하여 원하는 온도까지 가열된다. 플라즈마 처리 챔버 내부는 기판의 공급 및 배출 시에 대기에 개방된다. 플라즈마 처리 챔버(101) 내부는 배기 시스템을(도시하지 않음)을 통하여 비워진다. 처리 가스의 적어도 하나의 성분을 함유하는 가스를 사용하여 환기가 행해지기 때문에, 배기되는 동안 내부 압력이 처리 압력 값에 이르렀을 때 처리 가스와의 다른 거의 모든 가스 성분이 제거된다. 더욱이, 상기 압력값을 유지하기 위해, 처리 가스 유량 제어 수단(117)이 처리 가스의 유량을 점차적으로 증가시키기 위해 사용된다. 처리 가스가 처리 가스 도입 수단(115)을 통하여 플라즈마 처리 챔버(101) 내로 도입된다. 그 결과, 처리 가스가 플라즈마 처리 챔버 내에 좀더 빨리 도입될 수 있으므로 플라즈마 처리 개시 이전 및 기판 지지 부재 상에 처리 기판을 로딩시킨 다음의 시간을 감소시킬 수 있다. 더욱이, 처리 가스의 유량을 증가시킴으로써 일정 압력을 유지하는 것이 가능할뿐 아니라 플라즈마 처리 챔버 내에 존재하는 처리 가스의 가스 분자의 존재비(abundance ratio)를 증가시키는 것이 가능함으로써, 플라즈마를 효율적으로 발생시키는 것이 가능해진다.

상기 압력을 유지하면서, 마이크로파 전원(도시하지 않음)으로부터 원하는 전력이 도입부(104)를 통하여 판형 환상 도파관(103) 내로 도입된다. 도입된 마이크로파는 두개의 분할되어 가로 방향으로 전파 공간(105)을 통하여 전파된다. 이렇게 분할된 마이크로파는 도입부(104)에 대항하는 부분과 간섭하여 슬롯(106)을 횡단하는 전계를 하프 인라인 파장마다 옮겨가신 다음, 유전체(102)를 거쳐서 슬롯(106)을 통하여 플라즈마 처리 챔버(101) 내로 도입된다. 플라즈마 처리 챔버(101) 내에 도입된 마이크로파의 전계는 전자를 가속시켜 플라즈마 처리 챔버(101) 내에서 플라즈마를 발생시킨다. 이 경우, 처리 가스는 발생된 고밀도 플라즈마에 의해 여기되어 지지 부재(113) 상에 위치된 피처리 기판(112)의 표면을 처리하게 된다.

도 2의 (a) 및 (b)에서 도시된 예에서, 상세한 재료 및 크기를 기술한다. 유전체(102)는 합성 석영(synthetic quartz)로 구성되고 직경이 299mm이고 두께는 12mm이다. 판형 슬롯으로 구비된 환상 도파관(103)은 27 mm x 96 mm의 내벽 단면적을 갖고 중심 직경이 202 mm이며, 전체적으로는 알루미늄(Al)으로 구성되어 마이크로파 전파 손실을 감소시킨다. 슬롯을 통하여 플라즈마 처리 챔버(101) 내로 도입된 마이크로파는 도파관(103)의 E 평면 내, 즉 도파관 내의 전계 벡터에 평행한 측면에 형성된다. 각각의 길이가 42 mm이고 폭이 3 mm인 직사각형 형상의 슬롯이 방사 상태로 인라인 도파관에 1/4 간격으로 형성된다. 이러한 인라인 파장은 사용된 마이크로파의 주파수 및 도파관의 단면적 크기에 의존하는 데, 2.45 GHz의 마이크로파 및 상기 크기의 도파관을 사용하는 경우에 대략 159 mm이다. 판형 슬롯 환상 도파관(103)에서, 16개의 슬롯이 대략 39.8 mm의 간격으로 형성된다. 4E 튜너, 방향성 커플러, 아이솔레이터, 및 2.45 GHz의 마이크로파 전원(도시하지 않음)이 판형 슬롯 환상 도파관(103)에 순차적으로 접속된다. 본 실시예에서, 슬롯이 E면과 교차하는 H면 상에 형성될 수 있다.

도 3은 본 발명의 플라즈마 처리 방법에서 배기 시스템의 실행을 점차적으로 감소시키는 방법을 사용하는 압력 유지 시스템의 일례를 설명하는 개략적인 단면도이다. 도 3에서, 도면 부호(201 ~ 216)는 각각 도 2의 (a) 및 (b)에서의 도면 부호(101 ~ 116)으로 도시된 것과 동일한 부재를 나타낸다. 도면 부호 218은 실행 제어 밸브를 나타낸다.

본 예에서, 여러 단계들 중 환기 후, 제2 피처리 기판(212)을 로딩하고, 이 기판을 가열하고, 플라즈마 처리 챔버(201)의 내부를 배기시키는 제1 단계는 선행한 예에서와 동일한 방법으로 실행될 수 있다. 본 실시예에서 처리 속도는 전원에 의해 결정되고, 처리 가스는 일정한 유량으로 처리 가스 도입 수단(215)을 통하여 플라즈마 처리 챔버(201) 내로 도입되므로써 압력은 배기되는 동안에 처리 압력값이 도달하는 압력으로 유지되고, 배기 시스템의 실행 제어 밸브(218)가 실행을 점차적으로 감소시키도록 사용된다. 마이크로파의 도입 및 플라즈마 발생은 선행하는 예에서와 동일한 방법으로 연속적으로 실행될 수 있다.

본 발명의 플라즈마 처리 방법에 사용된 환기 가스는 플라즈마 처리 가스의 적어도 하나의 성분을 함유하는 임의의 가스일 수도 있다. 플라즈마 CVD, 에칭 및 애싱 방법에서, 원료 가스, 첨가 가스(additive gas), 운반 가스(carrier gas), 에칭 가스 및 애싱 가스 등의 다양한 플라즈마 처리 가스가 사용되나 본 발명에서 이러한 플라즈마 처리 가스는 배기 시간을 감소시키는 환기 가스의 일부 또는 그 자체로서 사용된다. 예를 들어, 산소계 원료 가스, 질소계 원료 가스, 운반 가스, 또는 애싱 가스가 바람직하게는 환기 가스로서 사용된다. 더욱이, 본 발명용으로 사용된 환기 가스는 배기 시간을 감소시킬 수 있는 어떠한 가스일 수도 있으나, 최적의 가스는 안정성, 비용, 및 유량비를 고려함으로써 다양한 처리 가스로부터 바람직하게 선택된다.

본 발명의 플라즈마 처리 방법이 CVD(Chemical Vapor Deposition) 방법을 사용함으로써 기판 상에 막을 형성하는 처리에 적용될 때에, 통상적으로 플라즈마 CVD 방법으로 사용된 다양한 가스 중 소정의 가스가 플라즈마 처리 가스로서 사용될 수도 있다.

예를 들어, 비단결정 실리콘으로 주로 구성된 Si 기재의 반도체막이 CVD 방법을 사용하여 형성될 때, Si 원자를 함유하는 원료 가스는 실온 및 대기압에서 가스 상태로 있거나 또는 용이하게 가스화될 수 있는 원료 예를 들어, 실란( $\text{SiH}_4$ ) 또는 디실란( $\text{Si}_2\text{H}_6$ ) 등의 무기 실란; 테트라에틸실란(TES), 테트라메틸실란(TMS), 디메틸실란(DMS), 디메틸다이플로로실란(DMDFS), 또는 디메틸다이클로로실란(DMDCS) 등의 유기 실란; 또는  $\text{SiF}_4$ ,  $\text{Si}_2\text{F}_6$ ,  $\text{SiF}_8$ ,  $\text{SiHF}_3$ ,  $\text{SiH}_2\text{F}_2$ ,  $\text{SiCl}_4$ ,  $\text{Si}_2\text{Cl}_6$ ,  $\text{SiHCl}_3$ ,  $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{SiH}_3\text{Cl}$ , 또는  $\text{SiCl}_2\text{F}_2$  등의 할로실란(halosilane)을 포함한다. 더욱이, 첨가 또는 운반 가스는  $\text{H}_2$ , He, Ne, Ar, Kr, Xe, 및 Rn을 포함하는 Si 원료 가스와 혼합되어 도입될 수 있다. 이러한 경우, 바람직하게는 He, Ne, 또는 Ar이 환기 가스로서 사용된다. 비단결정 실리콘은 비정질의 실리콘(a-Si), 단결정 실리콘, 폴리실리콘 또는 공유 결합 카본을 포함하는 실리콘 카바이드를 포함한다.

예를 들어,  $\text{Si}_3\text{N}_4$  또는  $\text{SiO}_2$  등의 Si 화합물 기재막이 CVD 방법을 사용하여 형성되고, Si 원자를 함유하는 원료 가스는 실온 및 대기압에서 가스 상태로 있거나 또는 용이하게 가스화될 수 있는 재료 예를 들어,  $\text{SiH}_4$  또는  $\text{Si}_2\text{H}_6$  등의 무기 실란; 테트라에톡시실란(TEOS), 테트라메톡시실란(TMOS), 옥타메틸사이클로테트라실란(OMCTS), 디메틸다이플로로실란(DMDFS), 또는 디메틸다이클로로실란(DMDCS) 등의 유기 실란;  $\text{SiF}_4$ ,  $\text{Si}_2\text{F}_6$ ,  $\text{SiF}_8$ ,  $\text{SiHF}_3$ ,  $\text{SiH}_2\text{F}_2$ ,  $\text{SiCl}_4$ ,  $\text{Si}_2\text{Cl}_6$ ,  $\text{SiHCl}_3$ ,  $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{SiH}_3\text{Cl}$ , 또는  $\text{SiCl}_2\text{F}_2$  등의 할로실란(halosilane)을 포함한다. 더욱이, 첨가 또는 운반 가스가 혼합되어  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{H}_4$ , hexamethyldisilazane(HMDS),  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , NO,  $\text{N}_2\text{O}$ , 및  $\text{NO}_2$ 를 포함하는 Si 원료 가스와 동시에 도입된다. 이러한 경우, 바람직하게는 질소( $\text{N}_2$ ) 또는 산소( $\text{O}_2$ )가 환기 가스로서 사용된다.

예를 들어, Al, W, Mo, Ti, 또는 Ta 등의 금속막이 CVD 방법을 사용하여 형성되고, 원료 가스 함유 금속 원자는 트라이메탈알루미늄(TMAI), 트라이알루미늄(TEAI), 트라이이소부틸알루미늄(TIBA), 디메탈알루미늄 하이드라이드(DMAIH), 텅스텐카보닐( $\text{W}(\text{CO})_6$ ), 몰리브덴카보닐( $\text{Mo}(\text{CO})_6$ ), 트라이메탈갈륨(TMGA), 또는 트라이에틸갈륨(TEGA) 등의 유기 금속; 또는  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{WF}_6$ ,  $\text{TiCl}_3$ , 또는  $\text{TaCl}_5$  등의 금속 할라이드를 포함한다. 더욱이, 첨가 또는 운반 가스는  $\text{H}_2$ , He, Ne, Ar, Kr, Xe, 및 Rn을 포함하는 금속 원료 가스와 혼합하여 도입될 수 있다. 이러한 경우, He, Ne 또는 Ar이 바람직하게는 환기 가스로서 사용된다.

예를 들어,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , AlN,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ,  $\text{TiO}_2$ , TiN, 또는  $\text{WO}_3$  등의 금속 화합물이 CVD 방법을 사용하여 형성되고, 원료 가스 함유 금속 원자는 트라이메탈알루미늄(TMAI), 트라이에탈알루미늄(TEAI), 트라이이소부틸알루미늄(TIBA), 다임에탈알루미늄 하이드라이드(DMAIH), 텅스텐카보닐( $\text{W}(\text{CO})_6$ ), 몰리브덴카보닐( $\text{Mo}(\text{CO})_6$ ), 트라이메탈갈륨(TMGA), 또는 트라이에탈갈륨(TEGA) 등의 유기 금속; 또는  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{WF}_6$ ,  $\text{TiCl}_3$ , 또는  $\text{TaCl}_5$  등의 금속 할라이드를 포함한다. 더욱이, 질소 또는 산소 원료 가스는  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , NO,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{H}_4$ , 또는 hexamethyldisilazane(HMDS)을 포함하는 Si 원료 가스와 동시에 혼합되어 도입될 수 있다. 이러한 경우, 바람직하게는 질소( $\text{N}_2$ ) 또는 산소( $\text{O}_2$ )가 환기 가스로서 사용된다.

본 발명에 따른 플라즈마 처리 방법이 기판 표면의 에칭에 적용될 때, 플라즈마 처리 가스는 통상적으로 플라즈마 에칭용으로 사용된 다양한 가스 중 임의의 가스일 수 있다. 이러한 에칭 가스는 예를 들어,  $\text{F}_2$ ,  $\text{CF}_4$ ,  $\text{CH}_2\text{F}_2$ ,  $\text{C}_2\text{F}_6$ ,  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{SF}_6$ ,  $\text{NF}_3$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ , 및  $\text{C}_2\text{Cl}_6$ 를 포함한다. 이러한 경우, 바람직하게는  $\text{CF}_4$  또는  $\text{SF}_6$ 가 환기 가스로서 사용된다.

막의 기판의 표면으로부터 포토레지스트 등의 유기 성분의 애싱 제거에 본 발명에 따른 플라즈마 처리 방법이 적용된다면, 플라즈마 애싱용으로 통상 사용된 여러 종류의 가스 중 임의의 가스로 플라즈마 처리 가스가 좋다. 이러한 애싱 가스는 예를 들어,  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , NO,  $\text{N}_2\text{O}$ , 및  $\text{NO}_2$ 를 포함할 수 있다. 이러한 경우, 바람직하게는  $\text{O}_2$ 가 환기 가스로서 사용된다.

또한, 본 발명의 플라즈마 처리 방법은 표면 변형(surface modification)에 적용가능하다. 표면 변형에서 예를 들어, Si, Al, Ti, Zn, 또는 Ta가 기판 또는 기판층으로서 사용되고, 이러한 플라즈마 처리 가스는 기판 또는 기판층의 산화 또는 질화 처리를 실시하거나 또는 B, As 또는 P로 도핑하기 위해 적합하게 선택된다.

기판의 표면을 산화시키기 위해 사용되는 산화 가스는 예를 들어,  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , NO,  $\text{N}_2\text{O}$ , 및  $\text{NO}_2$ 를 포함한다. 더욱이, 기판의 표면을 질화시키기 위해 사용되는 질화 가스는 예를 들어,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{H}_4$ , 및 hexamethyldisilazane(HMDS)을 포함한다. 이러한 경우, 바람직하게는  $\text{O}_2$  또는  $\text{N}_2$ 가 환기 가스로서 사용된다.

또한, 본 발명의 플라즈마 처리 방법은 세척 방법에 적용가능하다. 이러한 세척 방법은 예를 들어 산화물, 유기 물질, 또는 중금속을 세척한다.

기판 표면 상의 유기 물질 또는 기판 표면 상의 포토레지스트와 같은 유기 물질을 세척하는데 사용되는 세척 가스는 예를 들어  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , NO,  $\text{N}_2\text{O}$  및  $\text{NO}_2$ 를 포함하고 있다. 기판 표면상의 무기 물질을 세척하는데 사용된 세척 가스는  $\text{F}_2$ ,  $\text{CF}_4$ ,  $\text{CH}_2\text{F}_2$ ,  $\text{C}_2\text{F}_6$ ,  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{SF}_6$ , 및  $\text{NF}_3$ 를 포함하고 있다. 이 경우에  $\text{O}_2$ ,  $\text{CF}_4$  또는  $\text{SF}_6$ 은 환기 가스로 사용되는 것이 바람직하다.

현재의 플라즈마 처리 방법에서는 플라즈마를 발생시키는 데 사용된 전기 에너지는 도입시 전자를 가속시켜 플라즈마를 발생시킬 수 있는 한, 마이크로파, 주파, 또는 직류일 수 있다. 그러나 처리 속도를 전체적으로 증가시키는 경우에는 처리 속도를 증가시킬 수 있는 고 밀도 플라즈마를 발생시킬 수 있는 마이크로파가 적합하다.

마이크로파 도입 수단은 모노폴 안테나, 다이폴 안테나, 싱글 슬롯 안테나(single-slot antenna), 리기타노 코일(Rigitano coil), 또는 공축 슬롯 안테나와 같은 통상적인 수단을 포함하고 있다. 본 발명의 방법

에 따른 배기 시간(exhaust time)의 감소에 의해 인에이블된 전체 처리 속도의 증가는 플라즈마 처리 그 자체가 고속으로 수행되는 경우 가장 현저하다. 따라서, 전체 처리 속도의 증가에 있어서, 최적 수단은 판형 슬롯들이 제공되는 환상 도파관 또는 그 밀도의 균일한 플라즈마를 발생시킬 수 있는 환상 도파관이 설치된 도파관 등의 멀티 슬롯 안테나이다.

본 발명의 플라즈마 처리 방법에 사용되는 마이크로파 주파수는 0.8 GHz 내지 20 GHz에서 선택되는 것이 바람직하다.

본 발명의 플라즈마 처리 방법에 사용되는 마이크로파 투과 유전체(microwave permeating dielectric)로는 석영이나 유리계의  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{LiF}$ ,  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{BaF}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{AlN}$  또는  $\text{MgO}$  와 같은 무기 재료가 적당하지만, 폴리에틸렌, 폴리에스테르, 폴리카보네이트, 셀룰로스 아세테이트, 폴리프로피렌, 폴리비닐 클로라이드, 폴리비닐리덴 클로라이드, 폴리스티렌, 폴리아미드, 또는 폴리아미드와 같은 유기 재료로 된 막이나 시트 역시 적용할 수 있다.

본 발명의 플라즈마 처리 방법에 있어서, 자계 발생 수단은 저압 즉, 저진공도(lower vacuum degree)에서 처리를 달성하는데 사용될 수도 있다. 미러 자장(mirror fields)들이 이러한 자계로서 인가될 수 있지만, 마그네트론 필드(magnetron fields)는 판형 슬롯이 제공되는 환상 도파관내의 복수의 슬롯의 중앙이 인접하는 커브 상에 루프 필드(loop fields)를 발생시키고, 기판 부근보다는 슬롯 부근의 자계의 보다 큰 선속 밀도를 갖는 것이 바람직하다. 예를 들어, 코일 뿐만 아니라 영구자석(permanent magnets)은 자계 발생 수단으로서 사용될 수 있다. 코일 등이 사용되는 경우 수냉 메카니즘(water cooling mechanism), 공냉(air cooling) 수단 또는 그밖의 냉각 수단이 과열 방지를 위해 사용될 수도 있다.

플라즈마 처리의 특성을 개선하기 위해, 기판의 표면은 자외선으로 조사될 수도 있다. 피처리 기판이나 기판에 달라붙은 가스에 의해 흡수되는 조사광일 수 있는 광원이 이러한 목적을 위해 적용될 수 있으며, 적절한 광원은 엑시머 레이저, 엑시머 램프, 희유(希有) 가스 공진 라인 램프(rare-gas resonance line lamp), 또는 저압 수은 램프를 포함한다.

플라즈마 처리 챔버의 내부의 처리 압력은 0.1 mTorr 내지 10 Torr 의 범위가 바람직하고, 더욱 바람직한 범위는 1 mTorr 내지 100 mTorr 의 범위의 압력이다. 예칭의 경우에는 0.5 mTorr 내지 50 mTorr 의 범위로부터 선택되고, 애싱의 경우에는 10 mTorr 내지 10 Torr의 범위로부터 선택된다. 760 Torr는 101.325 kPa 또는 1 atm과 동일하다.

플라즈마 처리 단계  $S_3$ 를 개시하는 시간에서의 압력은 플라즈마 발생으로 인해 플라즈마 처리 챔버의 내부 압력을 약간 증가시키는 것을 고려하여 플라즈마 처리 동안의 압력보다 약간 높은 진공도로 설정되는 것이 바람직하다. 특히, 플라즈마 처리 동안의 압력값 보다는 특징에 따른 보다 작은 값으로 플라즈마 처리 챔버의 내부 압력을 감소시키는 것이 바람직하고, 플라즈마 처리 동안 압력값의 90 %까지의 내부 압력의 감소를 오버슈팅하는 것이 바람직하다.

본 발명의 플라즈마 처리 방법을 이용하여 피착막이 형성되는 경우,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{TiN}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{AlN}$  및  $\text{MgF}_2$  막과 같은 절연막을 포함하는 다양한 피착막, 비정질  $\text{Si}$ , 다결정  $\text{Si}$ ,  $\text{SiC}$  및  $\text{GaAs}$  막과 같은 반도체막, 또는  $\text{Al}$ ,  $\text{W}$ ,  $\text{Mo}$ ,  $\text{Ti}$ 와  $\text{Ta}$  막과 같은 금속막은 가스를 적절히 선택함으로써 효율적으로 형성될 수 있다.

본 발명의 플라즈마 처리 방법에 의한 피처리 기판은 반도체나 도전성 또는 절연성 기판으로 제조될 수도 있다. 도전성 기판은  $\text{Fe}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Mo}$ ,  $\text{Au}$ ,  $\text{Nb}$ ,  $\text{Ta}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Ti}$ ,  $\text{Pt}$  및  $\text{Pb}$  기판과 같은 금속 기판들이나, 붕소와 스테인레스강 기판과 같은 합금 기판(alloy substrates)을 포함하고 있다. 절연성 기판은  $\text{SiO}_2$  석영이나 유리,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{LiF}$ ,  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{BaF}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{AlN}$ , 또는  $\text{MgO}$  와 같은 무기 재료로 된 박막이나 시트, 또는 폴리 에틸렌, 폴리에스테르, 폴리카보네이트, 셀룰로스 아세테이트, 폴리프로피렌, 폴리비닐 클로라이드, 폴리비닐리덴 클로라이드, 폴리스티렌, 폴리아미드, 또는 폴리아미드와 같은 유기재료로 된 막이나 시트를 포함하고 있다.

더욱이, 본 발명에 있어서, 피처리 기판이 플라즈마 처리 챔버의 내부 또는 외부에 제공되는 경우에는 플라즈마 처리 챔버 내로 향하는 공기에 포함된 불필요한 가스의 혼합을 방지하는 것이 바람직하다.

보다 구체적으로는 플라즈마 처리 챔버 내로의 플라즈마 처리 가스의 적어도 하나의 성분을 함유하는 환기 가스를 지속적으로 도입함으로써 플라즈마 처리 챔버의 내부 압력이 주변 압력 보다 높게 하거나 환기 가스로 공기를 바꾸는 것이 바람직하다.

더욱이, 예를 들어 본 발명은 플라즈마 발생에 의한 기판 처리 이외의 열 CVD 와 포토 CVD에 적용될 수 있다.

본 발명의 플라즈마 처리 방법에 있어서, 적어도 증류수( $\text{H}_2\text{O}$ )와 산소 가스( $\text{O}_2$ )를 함유하는 산소가 처리 가스로서 사용되는 경우에는, 산소 가스( $\text{O}_2$ )가 환기 가스로서 사용되는 것이 바람직하다.

더욱이, 본 발명의 플라즈마 처리 방법에서는 적어도 플루오르 가스( $\text{F}_2$ )와 산소 가스( $\text{O}_2$ )를 함유하는 가스가 처리 가스로서 사용되는 경우에는, 산소 가스( $\text{O}_2$ )가 환기 가스로서 사용되는 것이 바람직하다.

## (제2 실시예)

제2 실시예에 따른 플라즈마 처리 방법에 있어서, 피처리 기판이 플라즈마 처리 챔버의 외부 또는 내부에 제공되는 경우, 플라즈마 처리 가스의 적어도 하나의 성분을 함유하는 환기 가스가 플라즈마 처리 챔버와 교통신하는(communicating) 공기로서 사용된다. 제2 실시예의 기타 핵심은 제1 실시예의 것과 동일하다.

도 4는 본 실시예에 따른 플라즈마 처리 방법을 수행하기 위한 플라즈마 처리 장치의 개략적인 단면도이다. 도 4에 도시된 바와 같이 플라즈마 처리 장치는 플라즈마 처리 챔버(401), 챔버(421), 자유

롭게 개폐함으로써 챔버를 분리하기 위한 개폐 수단(420)을 포함하고 있다. 상기한 공기는 챔버 내의 공기를 의미한다.

본 발명의 실시예에 따르면, 플라즈마 처리 가스의 적어도 하나의 성분을 함유하는 환기 가스가 챔버(421)에 충전되기 때문에, 기판의 공급 및 배출 시간에 플라즈마 처리 챔버(401)내로의 불필요한 가스의 혼합을 방지하는 것이 가능하다. 그 결과, 고진공도로 플라즈마 처리 챔버의 내부를 배기시키는 것이 불필요하다. 따라서, 기판의 공급 및 배출에서 플라즈마 처리까지의 필요한 시간이 단축될 수 있다.

이하, 본 발명의 예들을 설명하지만, 본 발명은 이러한 예들로 제한되는 것은 아니다.

#### 예 1

이러한 예에서, 산소 가스는 도 1을 참조하여 설명되는 방법에 따라 포토레지스터를 애싱하는 가스로서 사용된다.

기판(112)의 피처리 기판상의 층간 절연막이었던 층간 실리콘 산화막( $\text{SiO}_2$ )이 애칭되고, 비어홀들이 형성되어 실리콘 기판이 준비된다( $\psi 8$  인치). 산소 가스는 처리 가스 도입구(115)를 통해 플라즈마 처리 챔버(101)내로 도입되어 환기를 수행한다. 산소 가스가 환기 가스로 사용되었다. Si 기판(112)은 기판지지부재(113)상에 설치되었으며, 플라즈마 처리 챔버(101)의 내부가 배기 시스템(도시하지 않음)을 통해 배기되었다.

도 5는 현 실시예의 시간과 플라즈마 처리 챔버의 내부 압력간의 관계를 나타내는 그래프이다. 형축은 시간을 나타내며, 종축은 압력을 나타낸다. 상기한 단계  $S_1$  내지  $S_4$ 를 수행하기 위한 각각의 시간은 형축을 따라 화살표로 나타낸다. 내부 압력이 2 Torr에 도달하는 경우, 산소 가스는 플라즈마 처리 가스 도입구(115)를 통해 플라즈마 처리 챔버(101)내로 도입되고, 가스의 유량은 점차로 2 slm까지 증가되어 2 Torr의 압력을 유지한다. 이때 판형 슬롯이 제공되는 환상 도파관(103)을 통해 2.45 GHz 마이크로파 전원으로부터 플라즈마 처리 챔버(101)의 내부에 1.5kW 파워가 공급되어 플라즈마 처리 챔버(101)에 플라즈마를 발생시킨다. 이러한 경우에, 플라즈마 처리 가스 도입구(115)를 통해 도입되는 산소 가스가 여기되고, 분해되며, 플라즈마 챔버(101) 내에 이리저리 오존이 되며, 실리콘 기판(112)쪽으로 전달되어 기판 상의 포토레지스트를 산화시켜 제거한다.

이러한 애싱률은  $8.6 \mu\text{m}/\text{min} \pm 8.5\%$ 로 매우 높으며, 표면 전하 밀도는  $-1.3 \times 10^{11}/\text{cm}^2$ 로 충분히 낮은 값을 나타낸다. 작업 처리량은 150 시트/시간이다. 비교예로서 처리는 챔버의 내부가  $10^{-4}$  Torr 이하로 배기된 후에 시작되었으며, 이때 질소 가스를 사용하였으며 환기 가스로는 처리 가스(산소 가스)를 사용하지 않았다. 도 6은 비교예의 시간과 플라즈마 처리 챔버의 내부 압력간의 관계를 나타내는 그래프이다. 비교예의 단계  $S_3$ 를 수행하기 위해 필요한 시간은 본 실시예의 그것과 동일하였다. 작업 처리량은 비교예처럼 106 시트/시간의 통상적인 작업 처리량의 1.4 배였다.

#### 예 2

이러한 예에서 도 2를 참조하여 설명되는 방법에 따른 포토 레지스트를 애싱하기 위해 환기 가스로서 산소 가스가 사용되었다.

환기 및 배기 단계를 통한 제1 단계는 실시예 1과 동일한 방식으로 수행되었다. 압력이 2 Torr에 도달하는 경우, 산소 가스는 2 sccm의 유량으로 플라즈마 처리 가스 도입구를 통해 플라즈마 처리 챔버(201)내로 도입되었고, 실행 제어 밸브(218)를 사용하여 배기의 실행을 점차적으로 감소시켜 2 Torr의 압력을 유지하였다. 그후, 플라즈마 발생 및 애싱이 예 1에 나타난 방식으로 수행되었다.

이러한 애싱률은  $8.4 \mu\text{m}/\text{min} \pm 8.5\%$ 의 매우 높은 값을 나타내며, 표면 전하 밀도는  $-1.1 \times 10^{11}/\text{cm}^2$ 의 충분히 낮은 값을 나타내었다. 챔버가 환기 가스로서 처리 가스(산소 가스)를 사용하는 일 없이  $10^{-4}$  Torr 이하로 배기된 이후 처리를 개시함으로써 얻어지는 106 시트/시간의 통상적인 작업 처리량의 대략 1.4 배인 148 시트/시간이 얻어졌다.

#### 예 3

본 예에서, 반도체 디바이스를 보호하기 위한 실리콘 질화막은 도 1을 참조하여 설명되는 방법에 따른 환기 가스로서 질소 가스를 사용하고 플라즈마 CVD 방법을 이용함으로써 형성되었다.

금속 배선으로서 알루미늄(Al)으로 된 패턴(라인 및 공간:  $0.5 \mu\text{m}$ )을 가지는 층간  $\text{SiO}_2$  막이 제공되는 p형 반도체의 특성을 갖는 p형 단결정 실리콘 기판(표면 방위: 100; 저항율:  $10 \Omega\text{cm}$ )이 기판(112)으로서 준비되었다. 환기를 위해 처리 가스 도입구(115)를 통해 플라즈마 처리 챔버(101)내에 질소 가스가 도입되었다. 히터(104)에 의해 300 °C까지 가열된 기판지지부재(113)상에 실리콘(Si) 기판(112)이 설치되었으며, 플라즈마 처리 챔버(101)의 내부가 배기되어 배기 시스템(도시하지 않음)에 의해 진공 상태가 된다.

챔버의 내부 압력이 20 mTorr에 도달된 경우, 질소 가스와  $\text{SiH}_4$  가스는 플라즈마 가스 도입개구(115)를 통해 플라즈마 처리 챔버(101)내로 도입되고, 동시에 질소 가스의 유량과  $\text{SiH}_4$  가스를 600 sccm 및 200 sccm 까지 각각 점차적으로 증가시켜 20 mTorr의 압력을 유지한다. 이때, 판형 슬롯들이 설치되는 환상 도파관(103)을 통해 2.45 GHz 마이크로파 전원으로부터 플라즈마 처리 챔버(101) 내에 1.5 kW의 전력이 공급됨으로써 플라즈마 처리 챔버(101) 내에 플라즈마를 발생시킨다. 이러한 경우에, 플라즈마 처리 가스 도입구(115)를 통해 도입되는 질소 가스가 플라즈마 처리 챔버(101) 내에서 여기 및 분해되어 활성종(active species)이 되어, 실리콘 기판(112)쪽으로 전송되어 모노실란 가스와 반응함으로써 실리콘 기판(112) 상에  $1.0 \mu\text{m}$  두께의 실리콘 질화막을 형성한다.

이러한 실리콘 질화막의 성장률은  $520 \text{ nm}/\text{min}$ 의 매우 높은 값을 나타낸다. 막의 품질은 우수한 것으로 확인되는데, 즉 스트레스는  $1.3 \times 10^9 \text{ dyne}/\text{cm}^2$  (응압비)이고, 누설 전류는  $1.1 \times 10^{-12} \text{ A}/\text{cm}^2$ 이며, 유전체



파괴 전압은 9 MV/cm이다. 이러한 스트레스는 레이저 간섭계 (상표명 : Zygo)를 사용하여 성막 전후에 기판의 휨 상태를 측정함으로써 결정된다. 작업 처리량은 시간당 42 시트인데, 이는 환기 가스로서 처리 가스 (질소 가스)를 사용하지 않고 플라즈마 처리 챔버가  $10^{-6}$  Torr 이하로 배기된 후에 처리를 개시함으로써 얻어진 시간당 25 시트의 종래 작업 처리량에 비해 1.7배 정도가 된다.

(예 4)

이 실시예에서, 플라스틱 렌즈의 반사를 방지하기 위한 실리콘 질화막 및 산화막은 도 1, 도 2a 및 도 2b를 참조하여 기술된 방법에 따라 질소 가스, 산소 가스 및 모노실란 가스를 환기 가스로서 사용하고 플라즈마 CVD법을 사용하여 형성된다.

기판(112)으로서는 50 mm 직경의 플라스틱 볼록 렌즈가 준비된다. 질소 가스는 환기를 유도하기 위해 처리 가스 도입구(115)를 통해 플라즈마 처리 챔버(101) 내에 도입된다. 렌즈(112)가 기판 지지 부재(113) 상에 설치된 다음, 플라즈마 처리 챔버(101)의 내부는 배기 시스템(도시하지 않음)을 통해 배기된다.

플라즈마 처리 챔버의 내부 압력이 5 mTorr에 이르면, 압력을 5 mTorr로 유지하기 위해서, 질소 가스 및  $\text{SiH}_4$  가스의 유량을 각각 150 sccm 및 100 sccm 까지 점차 증가시키면서, 질소 가스 및  $\text{SiH}_4$  가스를 플라즈마 처리 가스 도입구(115)를 통해 플라즈마 처리 챔버(101) 내에 도입한다. 이 때, 판형 슬롯이 제공되어 있는 환상 도파관(103)을 통해 2.45 GHz 마이크로파 전원에서부터 3.0 kW 전력이 그 내부에 플라즈마를 발생시키기 위해 플라즈마 처리 챔버(101) 내부에 공급된다. 이 경우, 플라즈마 처리 가스 도입구(115)를 통해 도입된 질소 가스는 플라즈마 처리 챔버(101) 내에서 여기되고 감압되어, 활성화되는데, 이것은 렌즈(112) 쪽으로 이동되어 모노실란 가스와 반응하여, 렌즈(112) 상에 21 nm 두께의 실리콘 질화막을 형성한다.

다음에, 산소 가스 및 모노실란 가스는 플라즈마 처리 가스 도입구(115)를 통해 각각 200 sccm 및 100 sccm의 유량으로 플라즈마 처리 챔버(101) 내에 도입된다. 배기 시스템(도시하지 않음) 내에 제공된 실행 밸브(도시하지 않음)는 플라즈마 처리 챔버(101)의 내부를 1 mTorr로 유지하도록 조절된다. 그 다음, 판형 슬롯이 제공되어 있는 환상 도파관(103)을 통해 2.45 GHz 마이크로파 전원에서부터 2.0 kW 전력이 그 내부에 플라즈마를 발생시키기 위해 플라즈마 처리 챔버(101) 내부에 공급된다. 이 경우, 플라즈마 처리 가스 도입구(115)를 통해 도입된 산소 가스는 플라즈마 처리 챔버(101) 내에서 여기되고 감압되어, 산소 원자와 같이 활성화됨이 되는데, 이것은 렌즈(112) 쪽으로 이동된 다음 모노실란 가스와 반응하여, 렌즈(112) 상에 86 nm 두께의 실리콘 산화막을 형성한다.

실리콘 질화막 및 산화막의 성막율은 각각 320 nm/min 및 380 nm/min의 만족스러운 값을 나타내고, 막은 우수한 광학 특성, 즉 500 nm 근접 반사율(reflectance near 500 nm)이 0.3 %인 광학 특성을 나타내는 것으로 확인된다. 작업 처리량은 시간당 31 시트인데, 이는 환기 가스로서 처리 가스 (질소 가스, 산소 가스 및 모노실란 가스)를 사용하지 않고 플라즈마 처리 챔버가  $10^{-6}$  Torr 이하로 배기된 후에 처리를 개시함으로써 얻어진 시간당 22 시트의 종래 작업 처리량에 비해 1.4배 정도가 된다.

(예 5)

이 실시예에서, 반도체 디바이스의 중간 절연용 실리콘 산화막은 도 1을 참조하여 기술된 방법에 따라 산소 가스를 환기 가스로서 사용하고 플라즈마 CVD법을 사용하여 형성된다.

기판(112)으로서는 AI 패턴(라인 및 공간: 0.5  $\mu\text{m}$ )을 상부에 갖는 p형 단결정 실리콘 기판 (표면 방위: 100; 저항율: 10  $\Omega\text{cm}$ )이 준비된다. 산소 가스는 환기를 시키기 위해 플라즈마 처리 가스 도입구(115)를 통해 플라즈마 처리 챔버(101) 내에 도입된다. Si 기판(112)은 히터(104)에 의해 300°C 까지 가열된 기판 지지 부재(113) 상에 설치되고, 그 다음 플라즈마 처리 챔버(101)의 내부는 배기 시스템(도시하지 않음)을 통해 진공 상태로 배기된다.

플라즈마 처리 챔버(101)의 내부 압력이 30 mTorr에 이르면, 압력을 30 mTorr로 유지하기 위해서, 산소 가스 및  $\text{SiH}_4$  가스의 유량을 각각 500 sccm 및 200 sccm 까지 점차 증가시키면서, 산소 가스 및  $\text{SiH}_4$  가스를 플라즈마 처리 가스 도입구(115)를 통해 플라즈마 처리 챔버(101) 내에 도입한다. 이 때, 200 W 전력의 RF 바이어스(도시하지 않음)가 기판 지지 부재에 인가되며, 판형 슬롯이 제공되어 있는 환상 도파관(103)을 통해 2.45 GHz 마이크로파 전원에서부터 2.0 kW 전력이 내부에 플라즈마를 발생시키기 위해 플라즈마 처리 챔버(101) 내부에 공급된다. 이 경우, 플라즈마 처리 가스 도입구(115)를 통해 도입된 산소 가스는 플라즈마 처리 챔버(101) 내에서 여기되고 감압되어, 활성화되는데, 이것은 실리콘 기판(112) 쪽으로 이동되어 모노실란 가스와 반응하여, 실리콘 기판(112) 상에 0.8  $\mu\text{m}$  두께의 실리콘 산화막을 형성한다. 또한, 이온 증은 RF 바이어스(도시하지 않음)에 의해 가속되어 기판과 충돌되기 때문에, 패턴 상의 막을 커팅하여 평탄도를 향상시킨다.

실리콘 산화막의 성막율 및 그 균일성은 250 nm/min  $\pm$  2.3 %의 만족스러운 값을 나타내고, 막 품질은 우수한 것으로 확인되고, 즉 유전체 파괴 전압이 8.3 MV/cm이며 스텝 커버리지 특성에서 보이드가 없는 것으로 나타난다. 이러한 스텝 커버리지 특성은 스캐닝 전자 현미경(SEM)을 이용하여, AI 배선 패턴 상에 형성된 실리콘 산화막의 단면을 보이드와 관련하여 관측함으로써 평가된다. 작업 처리량은 시간당 53 시트인데, 이는 환기 가스로서 처리 가스 (산소 가스)를 사용하지 않고 플라즈마 처리 챔버가  $10^{-6}$  Torr 이하로 배기된 후에 처리를 개시함으로써 얻어진 시간당 35 시트의 종래 작업 처리량에 비해 1.5배 정도가 된다.

(예 6)

이 실시예에서, 반도체 디바이스의 중간  $\text{SiO}_2$  막은 도 1을 참조하여 기술된 방법에 따라, 환기 가스로서 카본 플루오로화물( $\text{CF}_4$ )을 사용하여 예칭된다.

기판(112)으로서는 AI 패턴(라인 및 공간: 0.35  $\mu\text{m}$ ) 상에 1  $\mu\text{m}$  두께의 중간  $\text{SiO}_2$  막을 갖는 p형 단결정 실리콘 기판 (표면 방위: 100; 저항율: 10  $\Omega\text{cm}$ )이 준비된다.  $\text{CF}_4$  가스는 환기를 시키기 위해 플라즈마



처리 가스 도입구(115)를 통해 플라즈마 처리 챔버(101) 내에 도입된다. Si 기판(112)은 기판 지지 부재(113) 상에 설치되고, 그 다음 플라즈마 처리 챔버(101)는 배기 시스템(도시하지 않음)에 의해 진공 상태로 배기된다.

플라즈마 처리 챔버(101)의 내부 압력이 5 mTorr에 이르면, 압력을 5 mTorr로 유지하기 위해서, 가스의 유량을 300 sccm 까지 점차 증가시키면서, CF<sub>4</sub> 가스를 플라즈마 처리 가스 도입구(115)를 통해 플라즈마 처리 챔버(101) 내에 도입한다. 이 때, 300 W 전력의 RF 바이어스(도시하지 않음)가 기판 지지 부재에 인가되며, 판형 슬롯이 제공되어 있는 환상 도파관(103)을 통해 2.45 GHz 마이크로파 전원으로 부터 2.0 kW 전력이 플라즈마 처리 챔버(101) 내부에 플라즈마를 발생시키기 위해 그 내부에 공급된다. 이 경우, 플라즈마 처리 가스 도입구(115)를 통해 도입된 CF<sub>4</sub> 가스는 플라즈마 처리 챔버(101) 내에서 여기되고 감압되어, 활성화되는데, 이것은 실리콘 기판(112) 쪽으로 이동되고, 여기서 자기 바이어스(self-bias)에 의해 가속된 이온은 증간 SiO<sub>2</sub> 막을 에칭한다.

플라즈마 처리 비율에 대한 에칭 및 선택율은 각각 만족스러운 600 nm/min 및 20의 값을 나타내고, 에칭 형태는 거의 수직을 이루며, 마이크로-로딩 효과는 거의 관측되지 않는다. 에칭 형태는 스캐닝 전자 현미경(SEM)을 이용하여, 에칭된 실리콘 산화막의 단면을 관측함으로써 평가된다. 작업 처리량은 시간당 43 시트인데, 이는 환기 가스로서 처리 가스(CF<sub>4</sub> 가스)를 사용하지 않고 플라즈마 처리 챔버가 10<sup>-8</sup> Torr 이하로 배기된 후에 처리를 개시하므로써 얻어진 시간당 33 시트의 종래 작업 처리량에 비해 1.3배 정도가 된다.

#### 발명의 효과

상술한 바와 같이, 본 발명의 플라즈마 처리 방법에 따르면, 플라즈마 처리와는 다른 동작에 소요되는 시간, 특히 배기 시간을 감축시킬 수 있어, 전체 처리를 고속으로 실행할 수 있게 된다.

#### (57) 청구의 범위

##### 청구항 1

플라즈마 처리 챔버 내로 환기 가스를 도입하고 상기 처리 챔버 내의 상기 환기 가스를 배기시킨 후에 플라즈마 처리를 행하는 플라즈마 처리 방법에 있어서,

상기 환기 가스로서, 플라즈마 처리 가스의 적어도 하나의 성분을 함유하는 가스를 상기 플라즈마 처리 챔버 내로 도입하는 단계;

상기 플라즈마 처리 챔버 내에 피처리 기판을 배열하는 단계;

상기 환기 가스를 배기하여, 상기 플라즈마 처리 챔버의 내부 압력을 선정된 압력 범위로 설정하는 단계;

상기 압력을 상기 범위로 유지하기 위해 상기 플라즈마 처리 챔버 내로 상기 플라즈마 처리 가스를 도입하는 단계; 및

상기 플라즈마 처리 챔버에서 상기 플라즈마 처리를 개시하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

##### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 압력 범위의 유지는 상기 플라즈마 처리 가스의 유량을 점차 증가시키므로써 실행되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

##### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 압력 유지는 배기 시스템의 실행(conductance)을 점차 감소시키므로써 유지되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

##### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 플라즈마 처리는 애싱(ashing)인 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

##### 청구항 5

제1항에 있어서, 상기 플라즈마 처리는 에칭인 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

##### 청구항 6

제1항에 있어서, 상기 플라즈마 처리는 CVD인 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

##### 청구항 7

제1항에 있어서, 상기 플라즈마 처리 챔버 내부에 플라즈마를 발생시키도록 그 내부에 전기 에너지를 도입하기 위해 마이크로파 멀티슬롯 안테나를 사용하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

##### 청구항 8

제1항에 있어서, 상기 플라즈마 처리를 개시하는 단계 이후 상기 플라즈마 처리가 완료된 다음에 이어서 상기 플라즈마 처리 챔버 내로 상기 환기 가스를 도입하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 선정된 압력 범위는 상기 플라즈마 처리시에 실질적으로 유지된 내부 압력보다 크지 않고, 상기 플라즈마 처리시에 실질적으로 유지된 내부 압력의 90 %보다 작지 않은 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 10

기판 처리 방법에 있어서,

피처리 기판을 하우징하는 처리 챔버의 내부를 배기시키는 단계;

상기 처리 챔버 내로 처리 가스를 도입하면서 상기 기판을 처리하는 단계; 및

상기 처리된 기판을 하우징하는 상기 처리 챔버 내로 환기 가스를 도입하는 단계를 포함하며,

상기 기판을 처리하는 단계는 상기 처리 챔버의 내부가 상기 배기 단계에서 선정된 압력으로 배기된 다음에 이어서 행해지며,

상기 처리 가스의 적어도 하나의 성분을 함유하는 가스는 상기 환기 가스를 도입하는 단계에서 상기 환기 가스로서 이용되는

것을 특징으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 기판 처리 단계에서, 상기 처리 챔버의 내부 압력은 상기 처리 챔버의 내부를 배기시키면서 상기 처리 가스의 유량을 증가시키므로써 유지되는 것을 특징으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 12

제10항에 있어서, 상기 기판 처리 단계에서, 상기 처리 챔버의 내부 압력은 상기 처리 챔버 내에 상기 처리 가스를 도입하면서 상기 처리 챔버의 내부의 배기율을 감소시키므로써 유지되는 것을 특징으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 13

제10항에 있어서, 상기 처리는 애싱(ashing)인 것을 특징으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 14

제10항에 있어서, 상기 처리는 예칭인 것을 특징으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 15

제10항에 있어서, 상기 처리는 CVD인 것을 특징으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 16

제10항에 있어서, 상기 처리 챔버 내부에 플라즈마를 발생시키도록 그 내부에 전기 에너지를 도입하기 위해 마이크로파 멀티슬롯 안테나를 사용하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 17

제10항에 있어서, 상기 환기 가스를 순환시키면서 상기 처리 챔버 내에 상기 기판을 공급하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 18

제10항에 있어서, 주변 분위기와 같이, 상기 처리 챔버를 상기 환기 가스에 개방하므로써 상기 처리 챔버 내에 상기 기판을 공급하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 19

제10항에 있어서, 상기 플라즈마 처리가 완료된 다음에 이어서 상기 처리 챔버 내에 상기 환기 가스를 도입하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 20

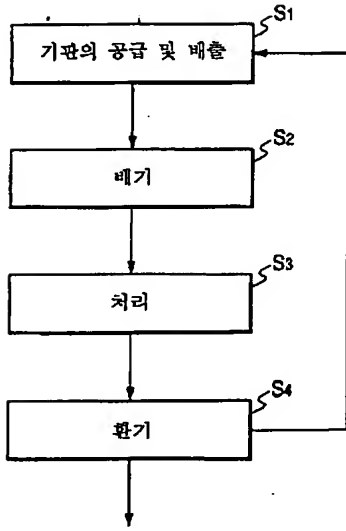
제10항에 있어서, 상기 선정된 압력 범위는 상기 플라즈마 처리시에 실질적으로 유지된 내부 압력보다 크지 않고, 상기 플라즈마 처리시에 실질적으로 유지된 내부 압력의 90 %보다 작지 않은 것을 특징으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 21

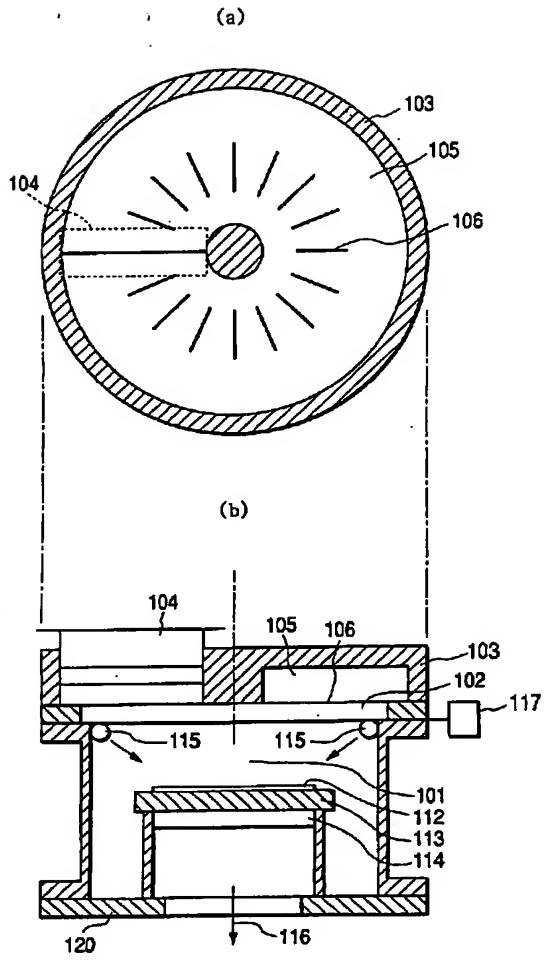
제10항의 기판 처리 방법을 실행하기 위한 기판 처리 장치.

도면

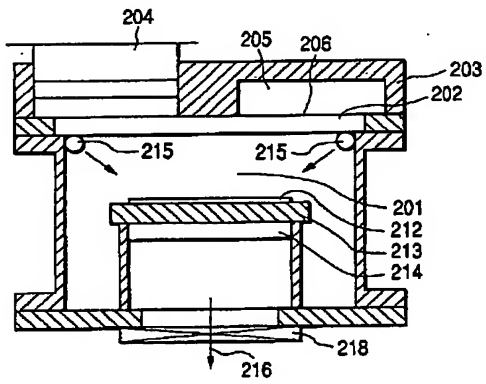
도면1



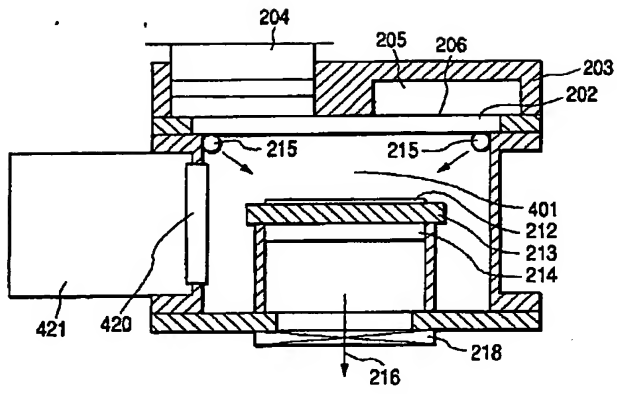
도면2



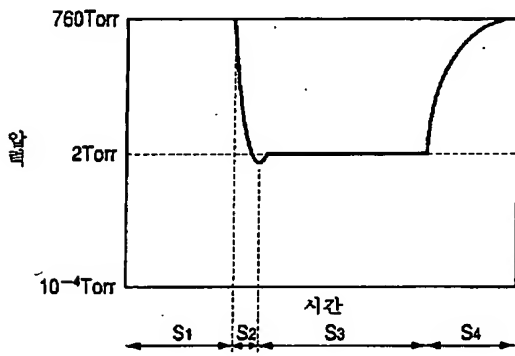
도면3



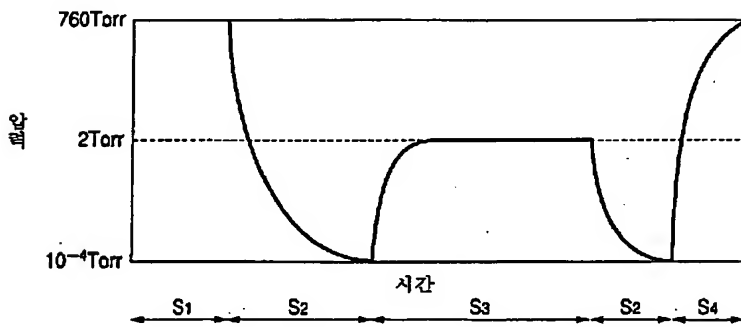
도면4



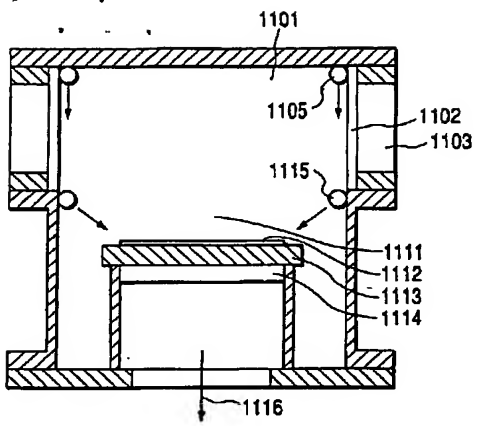
도면5



도면6



도면7



도면8

